

TOOL POSITION CORRECTING METHOD FOR MACHINING DEVICE

Publication number: JP2001277073

Publication date: 2001-10-09

Inventor: OKITOMO HIROSHIGE

Applicant: MITSUBISHI HEAVY IND LTD

Classification:

- International: B23Q15/18; B23Q15/16; B23Q17/22; B23Q15/007;
B23Q17/22; (IPC1-7): B23Q15/18; B23Q15/16;
B23Q17/22

- European:

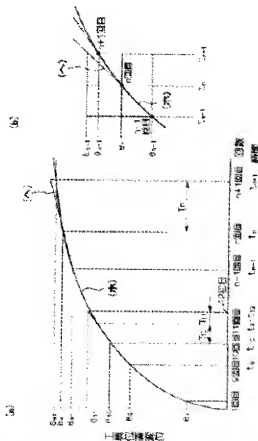
Application number: JP20000093326 20000330

Priority number(s): JP20000093326 20000330

Report a data error here

Abstract of JP2001277073

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a tool position correcting method for a machining device capable of improving machining accuracy and minimizing deterioration of machining efficiency. **SOLUTION:** In the machining device, a position of a tool is corrected a plurality of times during a machining process of a workpiece. At this point, a displacement E_{n+1} until a next measurement is performed is estimated based upon a prior displacement difference e_{n-en-1} and the position of the tool 1 is gradually corrected based upon this displacement. A time interval T_n for performing position correction is gradually extended as long as an error E_{n-en} with respect to an estimated position E_n of the tool 1 does not exceed a preset allowable error. When the position error E_{n-en} exceeds the allowable error, the time interval T_n is set shorter than the previous one.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許公開番号

特開2001-277073

(P2001-277073A)

(43)公開日 平成13年10月9日(2001.10.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別番号	F I	サブクラス(参考)
B 2 3 Q	15/18	B 2 3 Q	15/15
	15/16		15/16
	17/22		17/22
			D

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-93326(P2000-93326)

(22)出願日 平成12年3月30日(2000.3.30)

(71)出願人 00006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目3番1号

(72)発明者

沖友 秀成

滋賀県栗太郡栗東町六地蔵130番地 三菱

重工業株式会社 工作機械事業部内

(74)代理人 100112737

弁理士 藤田 孝壽 (外3名)

Fターム(参考) 3C001 KA01 KA05 KB04 SB02 TA03

TB02 TC05

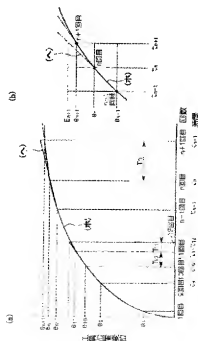
3C029 A24

(54)【発明の名称】 加工装置の工具位置補正方法

(57)【要約】

【課題】 加工精度を向上させ、かつ加工効率の低下を最小限に抑えることのできる加工装置の工具位置補正方法を提供することを課題とする

【解決手段】 加工装置において、加工対象物の加工工程の途中で、工具の位置を複数回補正を行うようにした。このとき、直前の位置差($e_n - e_{n-1}$)に基づいて、次回計測を行うときまでの変位(E_{n+1})を推定し、これに基づいて工具1の位置を漸次補正していくようにした。また、工具1の推定位置(E_n)に対する誤差($E_n - e_n$)が、予め設定した許容誤差を超えない限り、位置補正を行う時間間隔(T_n)を漸次延長していくようにした。そして、その位置誤差($E_n - e_n$)が、許容誤差を超えたときには、時間間隔(T_n)を前回よりも短く設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工対象物を加工する工具と、該工具を装着して該工具を駆動させる主軸と、前記加工対象物を保持する加工テーブルまたは前記主軸の少なくとも一方を移動させることによって前記工具に対して前記加工対象物を相対移動させるための駆動部と、該駆動部を制御する制御部とを備えた加工装置における前記工具の位置補正方法であって、

前記工具で前記加工対象物を加工する工程の途中において、工具位置計測手段で前記工具の位置を複数回計測し、当該回の計測結果とそれよりも前の回の計測結果とから当該回の計測の前記主軸に対する前記工具の変位を推定し、その推定結果に基づいて前記制御部で前記駆動部を制御して前記工具の位置を補正することを特徴とする加工装置の工具位置補正方法。

【請求項2】 前記加工対象物を加工する工程の途中において、前記工具の位置を少なくとも3回以上計測する構成とし、(n) 回目に計測を行ったときには、(n) 回目と (n-1) 回目との工具の変位に基づいて、(n-1) 回目に計測を行うときまでの工具の変位を推定し、それに基づいて前記工具の位置を補正することを特徴とする加工装置の工具位置補正方法。

【請求項3】 前記工具位置を計測する時間間隔を漸次延長していくことを特徴とする請求項1または2記載の加工装置の工具位置補正方法。

【請求項4】 前記工具の位置を計測したときに、該計測値と前記推定された工具変位との誤差が、予め設定した許容誤差を超えない限り、前記時間間隔を漸次延長していくことを特徴とする請求項3記載の加工装置の工具位置補正方法。

【請求項5】 前記工具の位置を計測したときに、その位置誤差が、前記許容誤差を超えたときには、前記時間間隔を、直前回の時間間隔よりも短く設定することを特徴とする請求項4記載の加工装置の工具位置補正方法。

【請求項6】 前記工具位置計測手段では、前記工具の径方向の位置と、前記工具の径方向に直交する方向の位置との、少なくともいずれか一方を計測することを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の加工装置の工具位置補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えばマシニングセンタ等、数値制御型の加工装置に用いて好適な加工装置の工具位置補正方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 マシニングセンタ等、数値制御型の加工装置は、切削や研削等の各種加工を行うための工具を主軸に装着し、工具を回転させながら、加工対象物を保持した加工テーブル側あるいは工具を装着した主軸側のい

ずれか一方を、所定の加工プログラムに基づいて駆動させることにより、工具を加工対象物に対して少なくとも一方方向に移動させ、所望の加工を行う構成となっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、このような加工装置においては、当然のことながら所要の加工精度を確保できる構造になっているものの、それでも様々な要因により工具の先端部の位置に誤差が生じてしまうことがある。その一つの要因としては、加工時の熱変位によるものがある。加工時に工具と加工対象物との間で生じる摩擦熱、および工具を回転させるモータ等の発熱等により、工具自体、装置自体の温度が上昇し、これに伴って装置自体が変位したり、工具の全長が変位する（徐々に伸びる）。例えば図4に示すように、加工対象物Wの表面を所定形状に加工するために、工具をモータ等で回転させながら加工対象物Wに対して図中矢印（イ）の如く移動させたすると、この時に図4の進捗に伴って工具自体の長さが徐々に伸びる、あるいは装置自体の変位により、その先端部の位置（工具を保持した主軸、つまり加工対象物に対する位置）が徐々に変位する。そのため、加工対象物Wの表面の高さが時間経過と共に徐々に変位してしまうのである。この結果、加工時間の経過が異なる加工面が隣接する場合、加工面間に段差が生じてしまう。図4のように、円周を加工する例では、加工開始点P1と加工終了点P2との間に段差が生じることになる。このような段差は、概ね数10μm程度となっている。また、同様の要因により、加工時の熱により温度が上昇している工具（伸びている）を、他の温度が上昇していない（伸びていない）工具に交換したときには、熱による変位の有無により、交換の前後において、工具の先端部位置に誤差が生じるのである。他の要因として、工具の摩耗による変位もある。これは、加工の進捗に伴って工具が摩耗したときに、当然のことながらその先端部位置に誤差が徐々に表れることとなる。これだけでなく、摩耗した工具を新たな工具に交換するときにも、摩耗の有無により、交換の前後において工具の先端部位置に差が生じる。このような様々な要因により工具先端部位置に誤差が生じると、これは加工面に段差や軌跡となって表れるものとして、加工精度の低下を招き、また要求される加工対象物の仕上精度によっては、手作業で仕上作業を行わな

ければならないこともあり、加工の手間がかかる原因となっている。

【0004】このような問題を解決するため、加工途中において、工具の先端部位置を計測し、その計測結果に基づいて工具位置の補正を行うような加工プログラムとしておくことも可能ではある。ただ、この場合も、工具位置補正を行う時間間隔が長ければ、補正を行おうとした時点で既に誤差が大きくなりすぎて、上記問題を十分に解決できないこともある。逆に、精度を上げようとして、工具位置補正を行う時間間隔を短く設定すると、加工自体にかかる時間に対し、工具位置の計測にかかる時間の割合が大きくなり、加工効率の低下を招くこともある。本発明は、以上のような点を考慮してなされたもので、加工精度を向上させ、かつ加工効率の低下を最小限に抑えることのできる加工装置の工具位置補正方法を提供することを課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、加工対象物を加工する工具と、該工具を装着して該工具を駆動させる主軸と、前記加工対象物を保持する加工テーブルまたは前記主軸の少なくとも一方を移動させることによって前記工具に対して前記加工対象物を相対移動させるための駆動部と、該駆動部を制御する制御部とを備えた加工装置における前記工具の位置補正方法であって、前記工具で前記加工対象物を加工する工程の途中において、工具位置計測手段で前記工具の位置を複数回計測し、当該回の計測結果とそれよりも前の回の計測結果とから当該回以降の前記主軸に対する前記工具の変位を推定し、その推定結果に基づいて前記制御部で前記駆動部を制御して前記工具の位置を補正することを特徴としている。

【0006】請求項2に係る発明は、より具体的な手段に関するものであり、前記加工対象物を加工する工程の途中において、前記工具の位置を少なくとも3回以上計測する構成とし、(n)回目計測を行ったときには、(n)回目と(n-1)回目との工具の変位に基づいて、(n+1)回目計測を行うときまでの工具の変位を推定し、それに基づいて前記工具の位置を補正することを特徴としている。

【0007】このように加工工程の途中において工具位置を補正し、しかもそのときとそれ以前の工具の変位に基づいて、それ以降の工具の変位を推定し、その推定結果によって工具の位置補正を行うことにより、熱や摩耗等による工具先端部位置の変位を補正することができる。

【0008】請求項3に係る発明は、前記工具位置を計測する時間間隔を漸次延長していくことを特徴としている。

【0009】請求項4に係る発明は、前記工具の位置を計測したときに、該計測値と前記推定された工具変位

との誤差が、予め設定した許容誤差を超えない限り、前記時間間隔を漸次延長していくことを特徴としている。

【0010】これにより、工具位置計測の頻度を少なくすることができ、加工自体の時間に対して工具位置補正に要する時間の割合を抑えることができる。

【0011】請求項5に係る発明は、前記工具の位置を計測したときに、その位置誤差が、前記許容誤差を超えたときには、前記時間間隔を、直前の時間間隔よりも短く設定することを特徴としている。

【0012】これにより、何らかの原因により誤差の発生度合いが大きくなったときには、計測を行う時間間隔を短くすることにより、誤差が過大となるのを防ぐことができる。

【0013】請求項6に係る発明は、前記工具位置計測手段では、前記工具の各方向の位置と、前記工具の各方向に直交する方向の位置との、少なくともいずれか一方を計測することを特徴としている。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る加工装置の工具位置補正方法の実施の形態の一例を、図1ないし図4を参照して説明する。

【0015】図1に示すように、例えばマシニングセンタ等の加工装置Aは、例えばボールエンドミル等の工具1と、この工具1を保持し、かつ図示しないモータ等でこの工具1を軸線周りに回転駆動させる主軸2と、加工対象物Wを保持する加工テーブル5と、この加工テーブル5を、Z軸方向（工具1の軸線方向）、X-Y軸方向（工具1の軸線と直交する面内で互いに直交する方向）に移動させるための工具1しない駆動部と、この駆動部および主軸2の作動を制御する駆動制御部（制御部）6とを備えて構成されている。このような加工装置Aでは、主軸2で保持した工具1をその軸線周りに回転駆動させつつ、予め入力された加工プログラムに基づいて加工テーブル5をX、Y、Zの3軸方向に駆動させることにより、工具1を加工対象物Wに対して相対移動させることで所定の加工を行うようになっている。

【0016】この加工装置Aには、工具1の位置補正を行うため、工具1の先端部の位置を計測するための位置計測手段10が設けられている。この位置計測手段10は、例えば加工テーブル5に図示しないブラケットを介して設けられており、例えばレーザ光を投光する投光器10aと、これから投光されたレーザ光を受光する受光器10bと、受光器10bでの受光量を検出する検出部（図示なし）とを備えて構成されている。この位置計測手段10で工具1の位置を計測するには、投光器10aからレーザ光を投光した状態で、この位置計測手段10が設けられている加工テーブル5を駆動させて、工具1をレーザ光に対して相対移動させる。その先端部がこのレーザ光を横切るように動かす。すると、受光器10b側では、工具1の先端部がレーザ光を横切ることに

よって、図2の如く受光量が変化(減少)するので、これを検出部で検出し、そのときの加工テーブルの位置座標を「工具1の先端部位置」として記憶するのである。なお、このとき、実際にはレーザ光に所定のビーム幅がある。このため、工具1の先端部にレーザ光を横切るにたい、受光量100msecでの受光量は漸次減少するので、補正制御部11においては、図2に示すように、レーザ光の受光量が減少し始めた時点(図中(ロ))と、レーザ光の受光量が0(ゼロ)あるいは受光量の減少が停止した時点(図中(ハ))との中間位置(図中(ニ))での位置座標を「工具1の先端部位置」とする。

【0017】このような位置計測手段10では、工具1の基準点設定を行うことができる。すなわち、工具1をレーザ光に対してZ方向に移動させて工具1の先端部のZ方向位置を計測することによって、工具1の長さ(主軸Zからの長さ)に応じたZ方向の基準点座標を計測・設定できる。また、工具1をX-Y方向に移動させて、工具1のX-Y方向の位置を計測すれば、工具1の径にに応じたX-Y方向の基準点(工具1の中心位置)座標を計測・設定できる。駆動制御部6では、このようにX、Y、Z三方向において計測・設定した「工具1の先端部位置」を基準点(いわゆるゼロ点)とし、この位置座標に基づいて加工テーブルの加工プログラムを制御し、工具1で所定の加工を行うのである。

【0018】ところで、位置計測手段10としては、上記のレーザ光式に限らず、例えば電気マイクロメータ等の他の計測器を利用した構造のもの等、他の形式のものであっても良い。

【0019】また、加工装置Aには、工具1の先端部位置が、例えば加工時の熱変位・摩耗、工具交換時等、種々の要因により変位したとき、その変位を補正するための補正制御部11が備えられている。この補正制御部11では、位置計測手段10での計測結果に基づいて駆動制御部6を制御し、工具1の先端部位置を補正するようになっている。この補正制御部11において工具1の位置補正を行うときには、基本的には、上記位置計測手段10による「工具1の先端部位置」の計測を行い、基準点補正を行えばよい。さらに、ここでは、補正を高精度かつ効率よく行なうため、以下(ロ)および(ニ)を主軸とした補正制御を行う。

(ロ)：加工対象物1を工具1で加工する工程の途中において、工具1の位置計測を複数回行い、その計測結果に基づいて工具1の位置を補正する。このとき、前回までの計測結果に基づき、補正量を推定して補正を行う。

(ニ)：計測回数を最小限とするため、前回の計測時との工具1の変位量に基づき、計測時間間隔を可変させる。

【0020】(ロ)について、例えば加工時における工具1の変位量(図3(a))、(b)中、実線(ホ)で示すようなものであるとき、加工工程の途中において、工具

1の位置計測および位置補正を複数回行う。このとき、(n)回目(1回目)に計測を行ったときには、その時点での工具1の位置計測および補正を行うだけでなく、(n)回目と(n-1)回目との工具変位に基づいて、(n-1)回目(1回目)に計測を行うときまでの工具1の先端部変位を推定する。これにはまず、式(1)で(n)回目と(n-1)回目との工具変位の傾き L_n を求める。

$$L_n = (e_n - e_{n-1}) / (t_n - t_{n-1}), \dots \dots (1)$$

ここで、 e_n は(n)回目の計測時の基準点に対する工具1の変位、 t_n は加工開始時から経過時間である。そして、この傾き L_n を基に、次回、(n+1)回目(1回目)に計測を行うときの工具1の先端部変位の推定値 E_{n+1} を、式(2)で求める。

$$E_{n+1} = e_n + L_n \times (t_{n+1} - t_n), \dots \dots (2)$$

式(2)で表された工具1の推定変位を示すものが図3中の線(ヘ)であるので、補正制御部11では、この線(ヘ)に沿うよう、(n)回目の計測以降、(n+1)回目(1回目)に計測を行うまでの間、工具1の先端部位置を補正していく。そして、駆動制御部6では、上記補正制御部11における工具1の先端部位置の補正を加味しつつ、(n)回目の計測以降、(n+1)回目(1回目)に計測を行うまでの間、所定の加工プログラムに基づいて駆動制御部6で加工テーブル回を制御するのである。ところで、上記した線(ヘ)の推定変位に沿うよう、工具1の先端部位置を連続的に補正するのが最も好ましいわけであるが、実際には、制御を行うシーケンスプログラムにおける制御サイクル毎に、つまり経時間毎に補正を行うのである。また、これ以外に、次回計測を行うまでの時間間隔よりも小さな所定時間毎に、推定変位に基づく補正を、いわばステップ的に行うようにしても良い。そして、時間が経過し、(n+1)回目(1回目)に計測を行うときには、上記(ニ)回目と同様、その時点での工具1の位置計測・補正を行うと共に、(n+2)回目(1回目)に計測を行うときまでの工具1の先端部変位を推定し、それに基づいて工具1の位置を順次補正していくのである。

【0021】(ニ)について、上記(ロ)の制御を行うにあたり、工具1の位置計測を複数回行うわけであるが、その時間間隔を以下のようにして制御する。すなわち、上記(ロ)で推定した工具1の先端部位置の変位推定値と実際の変位との誤差($E_n - e_n$)の最大許容値(以下、これを「許容最大推定誤差」と称する) E_{max} を予め設定しておく。そして、(n)回目の位置計測・補正時に、この許容最大推定誤差 E_{max} を越えない限り、次回(n+1)回目(1回目)に計測を行うときまでの時間間隔 $(t_{n+1} - t_n)$ を広げ(図3および式(3)参照)、許容最大推定誤差 E_{max} を越えたときには、時間間隔 $(t_{n+1} - t_n)$ を狭めるのである(図4および式(4)参照)。

$$E_n - e_n < E_{max} \text{ のときは、} \\ T_n = (t_{n+1} - t_n) = \alpha \times T_{n-1}, \dots \dots (3)$$

・ $E_{j1} - e_{j1} \geq E_{\max}$ のときは、

$$T_{j1} = (1/\alpha) \times T_{j0} \quad \cdots \cdots (4)$$

ただし、 T_{j1} は、予め設定した最大値 T_{\max} (例えば 1 ～ 600 秒の範囲の 1 秒単位) を超えない。また、ここで、 α は 1 以上、例えば 1 ～ 2 までの 0.01 単位の数、 E_{\max} は、例えば 0.001 mm ～ 0.02 mm までの 0.001 mm 単位の数である。

【0022】次に、上記構成からなる加工装置 A において、実際に加工を行うに際して補正を行うときの制御方法について、図 4 のフローチャートを参照しつつ説明する。なお、ここでは、例えば加工開始後の所定回数までは予め設定した時間間隔で工具 1 の位置計測・補正を行い、それ以降、上記 ② による時間間隔設定制御を行うものとする。

【0023】(ステップ S1) これにはまず、図 1 に示したように、加工テーブル A に加工対象物 W をセットすると共に、主軸 2 に所定の工具 1 をセットする。

【0024】(ステップ S2) 引き続き、位置計測手段 10 で、工具 1 の基準点設定を行う。これには前述の通り、工具 1 をレーザ光に対して Z 方向および X-Y 方向に移動させ、工具 1 の先端部の位置を計測し、装着した工具 1 の長さおよび径に定した基準点座標 (ゼロ点) を計測・設定する (図 3 (a) の破線における原点)。

【0025】(ステップ S3) この後は、駆動制御部 6 $E_{j1} = e_{j1} + t_{j12} \times (t_{j11} - t_{j10})$ によって求める。そして、10 回目の位置計測・補正以降、11 回目の位置計測を行うまでの間、この式 (2') に沿うよう工具 1 の先端部位置を補正しながら、駆動制御部 6 で加工テーブル 5 を制御して、所定の加工を行っていく。

【0030】そして、時間が経過し、実際に 11 回目に計測を行うときには、上記 10 回目と同様、その時点で $T_{j11} = t_{j12} - t_{j11} \times \alpha \times T_{j10} \quad \cdots \cdots (3')$ として、時間間隔を広げ、また、

$$T_{j11} = (1/\alpha) \times T_{j0} \quad \cdots \cdots (4')$$

として、時間間隔設定を終める。

【0031】このようにして、11 回目以降は、工具 1 の変位の推定と、位置計測・補正の時間間隔設定を適用して、これに基づいて設定時間毎に工具 1 の位置補正を行いながら、所定の加工を完了まで行うのである。なお、加工途中において、摩耗等により同一種ながら他の工具に交換する場合、あるいは他種の工具に交換する場合等には、上記したステップ S4 の位置計測の補正から繰り返して行う (ステップ S7)。

【0032】上述した加工装置 A における工具 1 の位置補正方法では、加工工程の途中において工具 1 の位置を複数回補正することにより、加工途中における熱や摩耗等による工具 1 の変位を補正し、加工誤差を少なくすることである。特に、各回の補正時には、直前の変位差 $(e_{j0} - e_{j1})$ に基づいて、次回計測を行うときまでの

において、上記基準点座標を基準とした加工プログラムで加工テーブル 5 を制御し、工具 1 で所定の加工を行っている。

【0026】(ステップ S4) そして、加工開始後、予め設定した所定時間 t_{j0} が経過した時点で、工具 1 の 1 回目の位置計測・補正を行う。この時の工具 1 の位置計測には、上記原点位置設定時と同様に、位置計測手段 10 で工具 1 の先端部の変位 e_{j0} を計測し、これに基づいて加工テーブル 5 を変位させて工具 1 の位置補正を行う。そして、位置補正の完了後、加工対象物等の加工を続行する。

【0027】(ステップ S5) この後、所定回数 (例えば 10 回) までは、上記 1 回目と同様、予め設定した所定の時間 $t_{j0}, t_{j1}, \dots, t_{j10}$ の時点で、それぞれ工具 1 の位置計測・補正を行ないながら、加工を続行する。

【0028】そして、所定回数以降、例えば 11 回目以降に工具 1 の位置計測・補正を行うときには、上記 ② の内容で、工具 1 の変位の推定、および位置計測・補正の時間間隔設定を適用していく。

【0029】(ステップ S6) これには、10 回目に位置計測・補正を行った時点で、11 回目に計測を行うときの工具 1 の先端部変位の推定値 E_{j1} ($n=10$) を、上記 (2) 式、つまり、

$$\cdots \cdots (2')$$

の位置計測手段 10 で工具 1 の位置計測・補正を行うと共に、12 回目に計測を行うときまでの工具 1 の先端部変位を推定する。また、11 回目の計測時には、上記 ② に基づき、12 回目に計測を行うまでの時間間隔設定を行う。

・ $E_{j1} - e_{j1} < E_{\max}$ のときは、式 (3) を適用し、

・ $E_{j1} - e_{j1} \geq E_{\max}$ のときは、式 (4) を適用し、

$$\cdots \cdots (4')$$

変位 (E_{j1}) を推定し、これに基づいて工具 1 の位置を補正しながら加工を行うようにしたので、単に複数回の補正を行い、各回の補正時にその時点での誤差のみ修正する場合に比較し、誤差をより小さくすることができる。その結果、加工精度を向上させ、手作業による仕上げ等の手間を少なくすることができる。また、位置誤差 $(E_{j0} - e_{j1})$ が、予め設定した許容誤差 (E_{\max}) を超えない限り、位置補正を行う時間間隔 (T_{j0}) を漸次延長していくようにしたので、工具 1 の位置補正頻度を少なくすることができる。加工自体の時間に対して位置補正に要する時間の割合を抑え、加工効率を高めることが可能となる。加えて、位置誤差 $(E_{j0} - e_{j1})$ が、許容誤差 (E_{\max}) を超えたときには、時間間隔を前回よりも短く設定するようにしたので、何らかの原因により誤差の発生度合いが大きくなったときにも、工具 1 の位置

誤差が過大となるのを防ぐことができる。

【0033】なお、上記実施の形態において、例えば加工開始後の測定回数（上記図では10回）までは予め設定した時間間隔で工具1の位置計測・補正を行い、それ以降、上記④による推定変位に基づく補正と、⑤による時間間隔設定を行うものとしたが、その回数は上記10回に限るものではなく、適宜他の回数に設定することが可能である。また、1回目から上記④、⑤を適用して、工具1の推定変位および時間間隔設定を行っていくようにしても良い。このようにすれば、上記効果は一層顕著なものとなる。その他にも、実験等の経験的なデータに基づき、加工開始後、所定時点までの工具1の変位を入力しておき、これに基づいて補正制御を行うような構成を、上記と組み合わせることも可能である。また、工具1や主軸2の温度変化等、工具1の変位の要因となる他のパラメータを計測しておき、その計測結果に基づく補正制御を組み合わせるようにしても良い。さらに、④では、各回の補正時に、当該回と直前回の傾きに基づいて次回計測時までの工具1の推定変位を行う構成としたが、これに限るものではなく、例えば当該回よりも以前のさらに多くの回の変位データに基づき、より高精度な推定を行うようにしても良いし、直線状ではなく曲線状の変位推定を行うようにしても良い。

【0034】また、上記実施の形態では、上記④により、工具1の変位に応じ補正を行う時間間隔設定を可変とする構成としたが、これを適用せず、予め設定したタイミングで補正を行うようにしても良い。この場合、補正を行うタイミングは、一定時間毎であっても良いし、あるいは適宜設定した不当間隔のタイミングであっても良い。

【0035】これ以外にも、例えば上記④⑤の制御内容において、式(1)～(4)を挙げたが、同様の主旨（つまり④であれば、工具1の変位を推定し、それに基づいて補正を行い、⑤であれば、工具1の変位計測回数の傾度を最小限に抑ええるということ）を実現できるのであるが、係数やパラメータ等を他のものとしたり、また上記式(1)～(4)以外の方法を用いるようにしても良い。

【0036】その他、本発明を適用する加工装置については、上記マシニングセンタに限定されるものではなく、数値制御により加工を行うものであれば、いかなる種類であっても良い。例えば、加工対象物Wに対する工具1の相対変位方向が、上記したようなX、Y、Zのいわゆる3軸のものではなく、1軸あるいは2軸のものであってもよい。また、上記の如く、工具1に対して加工テーブルが移動させるものではなく、工具1を保持した主軸2側が変位、或いはその双方が変位するような形式のものであってもよい。もちろん、用いる工具1についてもその種類、形式等を何ら問うものではない。

【0037】これ以外にも、本発明の主旨を逸脱しない範囲内であれば、いかなる構成を採用しても良く、また上記したような構成を適宜選択的に組み合わせただのとしても良いのは言うまでもない。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の加工装置の工具位置補正方法によれば、加工工程の途中において工具の位置を複数回補正することにより、熱や摩耗等による変位を補正して加工誤差を少なくすることができ、しかも、各回の補正時には、直前の変位率に基づいて次回計測を行うときまでの変位を推定するようし、これに基づいて工具位置を補正しながら加工を行うことにより、計測時点が生じていた誤差のみを修正する場合に比較し、誤差をより少なくすることができる。その結果、加工精度を向上させ、手作業による仕上等の手間を少なくすることができる。また、位置誤差が、予め設定した許容誤差を超えない限り、位置補正を行う時間間隔を漸次延長していくようにしたので、工具位置補正の頻度を少なくすることができる。加工自体の時間に対して位置補正に要する時間の割合を抑え、加工効率を高めることが可能となる。加えて、位置誤差が許容誤差を超えたときには、時間間隔を前回よりも短く設定できるようにしたので、何らかの原因により誤差の発生度合いが大きくなったときには、誤差が過大となるのを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る加工装置の工具位置補正方法を適用した加工装置の一例を示す構成図である。

【図2】 図1の加工装置における工具の位置計測方法を示す図であって、位置計測手段として用いるレーザ光に対して工具を相対変位させたときの、時間と受光量との関係を示す図である。

【図3】 本発明における工具位置の推定変位内容を示す図であり、工具位置を計測・補正する回数および時間と、工具位置の変位との関係を示す図であり、(b)は(a)の一部拡大図である。

【図4】 本発明に係る加工装置の工具位置補正方法の内容を示すフローチャートである。

【図5】 従来の加工装置において加工を行ったときに、工具の変位により加工対象物に形成される加工痕を示す図である。

【図6】 従来の加工装置における主軸に対する工具の取付状況を示す図である。

【符号の説明】

- 1 工具
- 2 主軸
- 5 加工テーブル
- 6 駆動制御部（制御部）

【例 1】



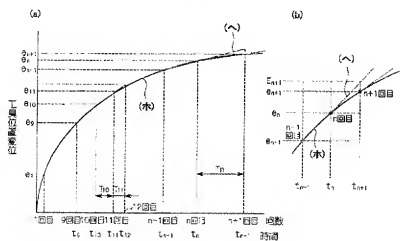
【圖2】



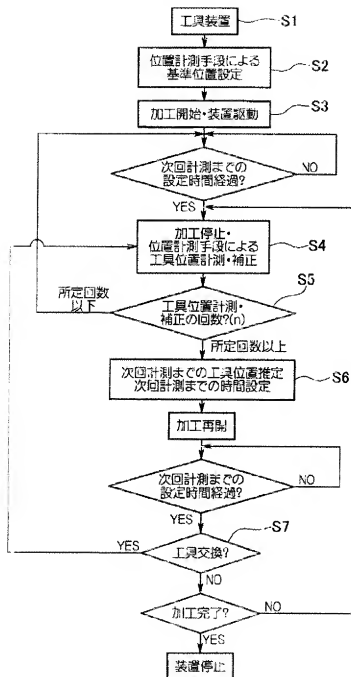
【例5】



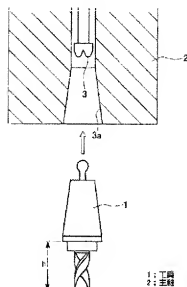
【図3】



【図4】



【図6】



BLADE EDGE POSITION MATCHING METHOD FOR FORMER-USED TOOL AND LATER-USED TOOL OF MACHINE TOOL

Publication number: JP2001105278

Publication date: 2001-04-17

Inventor: KAMIYA AKIMITSU; YAMAGUCHI TAIICHI;
YAMAKAWA YOICHI; OTA HIROMITSU; OONISHI
KAZUHIRO

Applicant: TOYODA MACHINE WORKS LTD

Classification:

- international: B23Q15/013; B23Q17/22; B23Q15/007; B23Q17/22;
(IPC1-7): B23Q15/013; B23Q17/22

- European:

Application number: JP19990284965 19991005

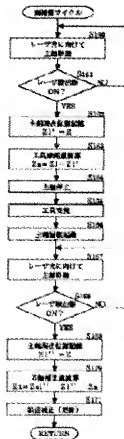
Priority number(s): JP19990284965 19991005

Report a data error here

Abstract of JP2001105278

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the generation of step at a part of a work, on which blade tips of a former-used tool and a later-used tool abut. in the case of continuing the working with the later-used tool on the way of the working with the former-used tool.

SOLUTION: A blade tip of a former-used tool is positioned at a position A as a reference of ON of a first detecting unit before or after the working operation with the former-used tool, and a before-working error and an after-working error as a difference between the theoretical position of the former-used tool and the real position thereof before the working is obtained. After installing a later-used tool in a spindle a blade tip of the later-used tool is positioned at the position A, in which the first detecting unit is turned on, and a difference between the theoretical position and the real position of the later-used tool is obtained as a before-working error of the later-used tool. When positioning the later-used tool at a working finish part of the work by the former-used tool, a target position programmed with the relative movement of a work table and the spindle is corrected on the basis of the before-working error and the after-working error of the former-used tool and the before- working error of the later-used tool.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

【特許請求の範囲】

【請求項1】 工作物を取り付け固定するワークテーブルと工具を先端に装着可能な主軸を回転支持する主軸サポートとを数値制御装置により制御される1つの制御軸に沿って相対的に移動して1つの先使用工具により前記工作物を加工すると共に、この加工途中から1つの後使用工具に交換して前記工作物の加工を継続する工作機械において、工具先端位置を検出して工具の先端が前記制御軸上の所定のA位置に到達する時にオンとなる第1検出器を装付けておき、前記先使用工具による加工動作の前においてこの先使用工具の先端を前記第1検出器がオンとなるように位置決めして理論位置と実際位置との差である加工前誤差及び加工後誤差をそれぞれ求め、前記先使用工具に代えて前記後使用工具を前記主軸に装着した後に前記後使用工具を前記第1検出器がオンとなる位置に位置決めして理論位置と実際位置との差である加工前誤差を求め、前記加工動作の途中から前記後使用工具を用いて前記加工動作を継続する際には、前記主軸の前記制御軸に沿う予めプログラムされた前記ワークテーブルに対する相対的な移動量を前記先使用工具の加工前誤差及び加工後誤差と前記後使用工具の加工前誤差とに基づいて補正することを特徴とする先使用・後使用工具の刃先位置整合方法。

【請求項2】 前記先使用工具による前記加工動作に先立って、接触子を有する接触式の第2検出器を前記主軸と共に前記制御軸に沿って前記ワークテーブルに対し相対的に移動し、この第2検出器の接触子を前記第1検出器がオンとなる前記所定のA位置と同一又はこのA位置から所定距離間隔したB位置および前記工作物上の所定のC位置に順次接触させて前記B位置から観たC位置の予め設定された理論位置と実際位置との工作物位置誤差を求め、前記先使用工具を用いて前記工作物を加工する際には前記予めプログラムされた相対移動量を前記加工前誤差及び前記工作物位置誤差の両方に基づいて補正し、前記後使用工具を用いて前記加工途中から継続して前記工作物を加工する際には前記予めプログラムされた相対移動量を前記先使用工具の加工前誤差及び前記加工後誤差と前記後使用工具の加工前誤差と前記工作物位置誤差に基づいて補正するようにしたことを特徴とする請求項1記載の先使用・後使用工具の刃先位置整合方法。

【請求項3】 前記先使用工具による前記加工動作に先立って、接触子を有する接触式の第2検出器を前記主軸と共に前記制御軸に沿って前記ワークテーブルに対し相対的に移動し、この第2検出器の接触子を前記第1検出器がこの接触子先端を検出してオンとなるように前記A位置に位置決めしてこの時の前記相対位置を記憶すると共に前記工作物上の所定のC位置に接触させて前記A位置から観た前記C位置の予め設定された理論位置と実際位置との誤差である工作物位置誤差を求め、前記先

使用工具を用いて前記工作物を加工する際には前記予めプログラムされた相対移動量を前記加工前誤差及び前記工作物位置誤差の両方に基づいて補正し、前記後使用工具を用いて前記加工途中から継続して前記工作物を加工する際には前記予めプログラムされた相対移動量を前記先使用工具の前記加工前誤差及び前記加工後誤差と前記後使用工具の加工前誤差と前記工作物位置誤差とに基づいて補正するようにしたことを特徴とする請求項1記載の先使用・後使用工具の刃先位置整合方法。

【請求項4】 前記第1検出器は非接触式のものを使用し、前記先使用工具の加工前誤差及び加工後誤差と前記後使用工具の加工前誤差を求める際には前記主軸と共にこれに装着された前記先使用工具又は後使用工具を回転させた状態で行うことを特徴とする請求項1～3の何れか1項記載の先使用・後使用工具の刃先位置整合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、数値制御工作機械において、先使用工具による加工の途中からこの先使用工具に代えて後使用工具により前記加工途中から加工を再開する場合に両工具の刃先位置を整合する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】特に金型のような硬質材料製の工作物を数値制御工作機械により加工する場合、加工途中でそれまで使用していた先使用工具が寿命に達し、このため先使用工具に換えて同種または互換の後使用工具を主軸に装着し、前記加工途中から加工動作を再開する場合がある。この場合、加工途中における先使用工具の刃先位置と後使用工具の刃先位置とを整合し、加工再開前に段差が形成されることを防止する必要がある。

【0003】このために先使用工具の刃先位置と後使用工具の刃先位置とを整合する従来の方法では、先使用工具と後使用工具の工具寸法差を求めこの寸法差分だけ後使用工具の加工再開位置を補正するようにしている。典型的に、この工具寸法差は、数値制御装置に登録される先使用及び後使用工具の各呼び寸法の差とこれら工具の各工具寸法補正データの差の合計値とされる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の方法では、先使用工具及び後使用工具の呼び寸法や工具寸法補正データが正しく設定されていたとしても、工作物上の加工再開部では後使用工具の先端は先使用工具の先端が存在していた位置と正確に整合されず、前記加工再開部に段や凹差が付くと言う問題を解消できない。この主たる原因は、前記加工途中に至るまでの加工経路中で先使用工具の刃先に生じた摩耗量が考慮されていないためであり、この他後使用工具の刃先位置や後使用工具の刃先位置を精密に捕捉することが容易でないことにある。さらに、工作機械のワークテー

ルに対する工作物の取り付け誤差を工具刃先位置と関連させて精密に求めることができなかったことが大きな要因となっている。

【0005】従って、本発明の主たる目的は、先使用工具及び後使用工具のプログラム上の理論位置と実際位置との誤差だけでなく先使用工具の刃先摩耗量を考慮することにより後使用工具の刃先を先使用工具の刃先があった位置に正確に位置決めできるようにすることにある。本発明の別の目的は、後使用工具を加工直前部に位置決めする際に、先使用及び後使用工具の各刃先位置誤差及びワークの取り付け誤差が補正できるようにすることにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、請求項1の先使用・後使用工具の刃先整合方法は、先使用工具による加工動作の前においてこの先使用工具の刃先を第1検出器がオンとなる基準のA位置に位置決めし、この先使用工具を装着する主軸と前記第1検出器との間の相対移動の理論位置と実際位置との差をそれぞれ前記先使用工具の加工前誤差及び加工後誤差として求める。また、後使用工具を先使用工具に換えて主軸に装着した後、後使用工具の刃先を第1検出器がオンとなる前記A位置に位置決めし、主軸と第1検出器との間の相対移動の理論位置と実際位置との差を前記後使用工具の加工前誤差として求める。そして、後使用工具を先使用工具による工作物の加工終了部に位置決めする際には、ワークテーブルと主軸の相対移動のプログラムされた目標位置を先使用工具の加工前誤差及び加工後誤差と後使用工具の加工前誤差に基づいて補正する。

【0007】この方法においては、先使用工具の加工前誤差と後使用工具の加工前誤差との差が刃先摩耗前の先使用工具の刃先位置・後使用工具の刃先位置を整合させる補正量となり、先使用工具の加工前誤差と加工後誤差との差が刃先摩耗前の先使用工具の刃先位置に対してこの先使用工具の刃先摩耗量だけ後使用工具の刃先位置を補正する補正量となる。これにより、後使用工具の刃先位置は、先使用工具の摩耗した刃先により切削された工作物の加工最終部に正確に整合する。なお、第1検出器は、ワークテーブルと主軸の位置関係を待つように配置することが好ましい。

【0008】この発明における先使用工具の加工後誤差とは、加工動作の後に先使用工具を基準のA位置に再度位置決めした時の主軸と第1検出器との相対移動の理論位置と実際位置との誤差を意味するが、この発明を定義する上で、便宜上、これら理論位置と実際位置との差を求めずに後述する実施の形態のように単に実際位置のみを検出するようにした場合にこの実際位置のみを意味すべく省略されている。これは、理論位置は既知であるので、理論位置と実際位置との誤差の算出ととの時点で行うか主なる処理上の問題であるためである。

【0009】請求項2の先使用・後使用工具の刃先整合方法は、ワークテーブルに対し相対的に主軸と共に機械式の第2検出器を1つの制御軸に沿って移動し、この第2検出器の接触子を前記第1検出器がオンとなる前記A位置と同一又はこのA位置から所定距離離開したB位置と工作物上の基準となるC位置に順次接触させてB位置から観たC位置の予め設定された理論位置と実際位置との差である工作物位置誤差を求める。そして、後使用工具を先使用工具による工作物の加工終了部に位置決めする際には、ワークテーブルと主軸の相対移動のプログラムされた目標位置を、請求項1の発明において使用した誤差に加えて、前記工作物位置誤差を用いて補正する。

【0010】この発明においては、熱変形の影響を極力なくするために前記B位置を前記A位置の近傍に設定することにより、実質的に前記A位置から観た工作物の位置誤差を求めることができる。工作物の位置誤差をさらに補正の対象として加えることにより、主に先使用及び後使用工具の寸法誤差と先使用工具の刃先摩耗が原因する両工具の刃先位置の不整合を排除した上で、主にワークテーブルに対する工作物の取り付け誤差が原因する両工具の刃先位置の不整合をさらに排除する。これにより、後使用工具の刃先位置は先使用工具の摩耗した刃先により切削された工作物の加工最終部に一層正確に整合する。

【0011】特に、先使用及び後使用工具の寸法誤差と先使用工具の刃先摩耗を検出する基準となる前記A位置を工作物の位置誤差を検出する基準として共用するようにして、送り速度系における前記A位置の主に変形による変位の影響が補正精度に悪影響を及ぼさないようにしてある。

【0012】請求項3の先使用・後使用工具の刃先整合方法では、第2検出器の接触子が第1検出器に検出された同検出器がオンとなる位置、つまり前記A位置から観た工作物上の基準となるC位置の予め設定された理論位置と実際位置との差である工作物位置誤差を求めるようにした。これにより、請求項2の発明方法と同様に、後使用工具の刃先位置は先使用工具の摩耗した刃先により切削された工作物の加工最終部に一層正確に整合する。前記工具寸法誤差を求める際の前記A位置と前記工作物位置誤差を求める際の前記A位置とを制御軸に沿う同一位置とすることができ、請求項2の発明で設定を必要としていた前記B位置を不要にでき、このB位置を設定する際に巻き込まれる誤差を排除するようにしている。

【0013】好適には、請求項4の方法のように、請求項1乃至請求項3の各方法における前記工具寸法誤差を求めるときは、主軸を回転させた状態で行うようにした。主軸と共にこれに取り付けた工具を回転させることにより、前記工具寸法誤差は加工動作中の工具の1具先端の傾れを含む実効寸法を反映した誤差となり、この誤差に基づいた補正が可能となる。

【0014】前述した請求項1乃至請求項3の発明においては、工具寸法誤差を求めるときは、主軸の回転を停止させた状態でいてもよいが、請求項4の発明のように主軸を回転させた状態、より好適にはその後の加工動作で回転させる回転速度で主軸を回転させた状態で、加工動作中の工具の実効寸法に基づいた補正が可能となる。ここで、工具の実効寸法とは、工具の先端が振れを生じる場合に数値制御装置に設定された実際の工具長や工具径である工具寸法よりも大きくなる工具寸法を意味する。

【0015】さらに、数値制御装置に設定された実際の工具寸法とは、プログラム上で指定される工具の呼び寸法を工具寸法補正データにより補正した工具寸法を意味し、通常これら呼び寸法及び補正データは予め数値制御装置に登録されている。請求項1乃至請求項3の各発明における主軸とワークテーブルとの間の相対移動量の補正は、プログラム中に指定された目標位置そのものを補正する方法、前記制御軸の座標系の原点を補正する方法、或いは数値制御装置に予め登録された工具呼び寸法を補正する方法或いはこれと対をなす工具寸法補正データを補正する方法の何れかにより実現される。

【0016】前述した各請求項の発明においては、第2検出器は主軸に装着する形式のものを使用するか、或いはこれに代えて、加工動作中は待避され検出時のみ検出位置へ前述した主軸と一体的に制御軸に沿って移動する形式のものを使用する。さらに、前述した各請求項の発明における数値制御装置により制御される工作機械の1つの制御軸とは、主軸軸線と平行な制御軸又は主軸軸線と直交する制御軸とすることができ、

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。図1は本発明の計測補正方法が使用される工作機械としてのマシニングセンタ1を示している。マシニングセンタ1はベッド2とこのベッド2上に立設されたコラム3を備えている。コラム3の前面には左右に延びる上下2本のガイドレール4が取り付けられており、このガイドレール4に沿ってサドル5が左右(X軸)方向に移動可能に設けられている。さらに、このサドル5の前面には上下に延びる左右2本のガイドレール6が取り付けられており、このガイドレール6に沿ってガントリー7が上下(Y軸)方向に移動可能に設けられている。ガントリー7には工具Tが装着される主軸8を回転可能に支持した主軸頭9が設けられている。

【0018】また、ベッド2には前後に延びる左右2本のガイドレール10が取り付けられており、このガイドレール10に沿ってワークテーブル11が前後(Z軸)方向に移動可能に設けられている。そして、図略の駆動機構により、サドル5がX軸方向へ、ガントリー7がY軸方向へ、ワークテーブル11がZ軸方向へそれぞれ移動することによって、主軸8に装着された工具Tによっ

て、ワークテーブル11上に設置された工作物が加工される。

【0019】ワークテーブル11の主軸側の側面には非接触式の第1検出器としてのレーザ検出器20が取り付けられている。図2に示すように、このレーザ検出器20は、面状上の基台21の内部に対向して設けられたレーザ発振器22とフォトダイオード等の受光器23を備えており、レーザ発振器22からのレーザ光Lを工具Tが通ることによる受光器23の受光量の変化から工具Tの先端の位置を検出することができる。すなわち、受光器23に接続されたアンプを介して工具Tの先端がレーザ光を通ったことを数値制御装置(CNC)40に通知することによって、CNC40はそのときの制御軸の現在位置から工具Tの先端の位置を検出することができる。ここで、工具Tが全てのレーザ光Lを遮る必要はなく、全く遮らないときの受光量に対して所定量だけ受光量が減少したことによって検出することが可能である。なお、基台21の側面には基準ブロック24が、その先端面(B位置)がレーザ光L(A位置)とZ軸方向に同一の位置となるようう設けられている。

【0020】一方、コラム3の側方にはコラム3に隣接して、複数の工具Tを備えた工具マガジン2が設けられており、また、ベッド2上の工具マガジン12の前面には、自動工具交換装置(ATC)13が設けられており、工具マガジン12と主軸8との間で工具交換を行うよう構成されている。

【0021】なお、工具マガジン12には第2検出器30としてのタッチセンサ30が収納されている。このタッチセンサ30は工具Tと同様に工具マガジン12および主軸8に装着可能であり、主軸8に装着した状態で主軸8を移動させ、接触子31(図1参照)の先端の球が工作物Wや基準面に接触したことを検出するものである。すなわち、接触子31の先端の球が工作物Wや基準面に接触したことを数値制御装置(CNC)40に通知することによって、CNC40はそのときの制御軸の現在位置から工作物Wや基準面の位置を検出することができる。

【0022】図3は、上記したマシニングセンタ1の制御ブロック図である。CNC40は、演算装置であるCPU41と、システムプログラム等を記憶したROM42と、NCプログラムや各種パラメータ等を記憶したRAM43、キーボード等の入力装置44と、CRT等の出力装置45と、インターフェイス46、47、48を有する構成要素としている。そして、X、Y、Z各軸への移動指令がそれぞれのデジタルサーボユニット50、51、52に出力され、各デジタルサーボユニット50、51、52がX軸駆動モータ53、Y軸駆動モータ54、Z軸駆動モータ55を駆動すると共に、各駆動モータ53、54、55に接続されたエンコーダ56、57、58によって検出される各軸の現在位置が補正さ

れてフィードバック制御されるようになっていく。

【0023】なお、図3に示す制御ブロック図においては、上記したレゾルバ装置20からの検知信号およびタチセンサ30からの検知信号はインターフェイス48を介してCNC40に入力されるように構成されているが、シークンストローラにおけるI/O信号としてCNC40に入力されるようにしてもよい。

【0024】次に、図4から図10に示すフローチャートおよび図11から図13に基づいて、上記した構成における計画補正方法について説明する。図4および図5はメインプログラムであり、CNC40のRAM43に記憶されている。

【0025】まず、S100において、工作物位置補正サイクルを実行するか否かを判断する。この工作物位置補正サイクルは後述する基準ブロック26の基準面(B位置)に対する工作物Wの基準面(C位置)の位置誤差Zdを補正するためのサイクルであり、この位置誤差Zdの要因としては、工作物Wの取り付け誤差、基準ブロック26と工作物Wとの間の熱変位、駆動系の送り誤差等が考えられる。そして、この工作物位置補正サイクルを実行するか否かは、プログラムが加工プログラムを作成する際に予め設定しておくか、或いは、加工に先立って作業者が必要に応じて人力装置44から指示する等により定められている。S100の判断がNOの場合はS102に進み、YESの場合はS101を経てS102に進む。S101では図6のサブプログラムで示す工作物位置補正サイクルが実行される。

【0026】S102では、ATC13により当該加工に用いる工具Tが工具マガジン12から主軸8へ移送されて装着される。続いて、S103にて主軸8の回転が開始される。次に、S104にて工具長補正サイクルを実行するか否かを判断する。この工具長補正サイクルは工具先端の位置誤差を補正するためのサイクルであり、この工具先端の位置誤差の要因としては、工具製造上の工具長のばらつき、工具摩耗、主軸8の熱変位、主軸8の遠心影響による工具Tの引込み等が考えられる。そして、この工具長補正サイクルを実行するか否かも、先の工作物位置補正サイクルと同様に予め定められている。ただし、後述する面補償サイクルを実行する場合は工具長補正サイクルを実行するに於いて設定しておく必要がある。S104の判断がNOの場合はS106に進み、YESの場合はS105を経てS106に進む。S105では図7のサブプログラムで示す工具長補正サイクルが実行される。

【0027】S106では工具径補正・振れ検出サイクルを実行するか否かを判断する。工具径補正・振れ検出サイクルは工具後の理論値に対する誤差を補正するためのサイクルと、工具の装着ミスによる工具の振れを防止するためのサイクルである。このサイクルを実行するか否かも、工作物位置補正サイクルと同様に予め定められ

ている。S106の判断がNOの場合はS108に進み、YESの場合はS107を経てS108に進む。S107では図8および図9のサブプログラムで示す工具径補正・振れ検出サイクルが実行される。

【0028】次に、S108では上記工作物位置補正サイクル、工具長補正サイクル、工具径補正・振れ検出サイクルの各サイクルで演算される補正量で誤差を補正する。各サイクルのサブプログラムを参照して後述する工作物位置補正量Zd(第1誤差)、工具長補正量Zt(第2誤差)、工具径補正量Ddに基づいて補正が行われた後、S109に進む。

【0029】ここで、本実施の形態では工作物位置補正量ZdについてはZ軸方向の誤差についてのみ説明しているの、S108では工作物位置補正量Zdと工具長補正量Ztとの加算値で工具長補正機能によりZ軸の指令値を補正し、工具径補正量Ddで工具径補正機能によりX軸およびY軸の指令値を補正する。工具長補正機能、工具径補正機能は一般的にマシニングセンタに備えられている機能であり、NCプログラムで与えられる指令値に対して各種正量分だけオフセットして各軸を制御する機能である。

【0030】工作物位置補正量Zdについては、本実施の形態で説明するZ軸方向の誤差のみでなくX軸およびY軸方向の誤差も補正可能であるので、この場合はS108における誤差補正の方法としては、工具長補正機能を用いる方法に換えて、NCプログラムの指令値を直接補正することも可能であり、さらに、マシニングセンタ1の座標系(機械原点)をオフセットすることも可能である。工具長補正量についても同様に、NCプログラムの指令値を直接補正する方法やマシニングセンタ1の座標系(機械原点)をオフセットする方法も採用可能である。

【0031】S109では加工プログラムに従って工具Tによる工作物Wの加工が実行される。続くS110では、工作物Wの加工中に工具Tの使用時間の積算や主軸8の動力の監視等により工具Tが工具寿命に達したかを判断する。S110の判断がNOの場合はS114に進み、YESの場合はS111、S112あるいはS113を経てS114に進む。

【0032】S111では面補償サイクルを実行するか否かを判断する。面補償サイクルは、同一面の加工中に工具Tが寿命となり予備工具と交換する必要が生じたときに、工具Tの交換の前後の加工によって加工面に段差が生じることを防止するためのサイクルである。このサイクルを実行するか否かも、工作物位置補正サイクルと同様に予め定められている。S111の判断がNOの場合は、S112にて単に寿命となった工具である先使用工具を予備工具として工具マガジン12に貯蔵されている後使用工具に交換するだけでS114に進み、YESの場合は、図10のサブプログラムで示す面補償サイ

ルを実行してS114に進む。

【0033】S114では加工が完了したか否かを判断し、加工が完了されるまでS109からS114の処理を繰返し、加工が完了するとS115にて主軸8の回転を停止させ、続くS116で次工程の有無を判断する。S116の判断がYESの場合はS102に戻って上記の処理を繰返し、NOの場合はプログラムエンドとなる。

【0034】次に、各サブプログラムの詳細について説明する。図6は図4のS101でコールされる工件位置補正サイクルを示すサブプログラムであり、S120にて、まず、工具マガジン12に格納されているタッチセンサ30をATC13により主軸8に装着する。次に、S121にて、所定の計測プログラムによりタッチセンサ30が装着された主軸8を基準ブロック26に向けてZ軸方向に相対前進させる。S122にて接触子31が基準ブロック26の先端面(B位置)に接触したことを検出する信号がタッチセンサ30から出力されたかを検出し、タッチセンサ30からの信号が出力されるまで主軸8の前進が続けられる。

【0035】タッチセンサ30から接触子31が基準ブロック26に接触したことを示すON信号が出力されると、すなわち、S122の判断がYESとなるとS123に進み、その時の主軸8の現在位置を記憶する。本実施の形態においては、Z軸方向の工件位置補正について説明しているので、この場合の現在位置はZ軸の現在位置である。すなわち、エンコーダ58により検出されるZ軸駆動モータ52の現在位置ZpがRAM43の所定の領域に記憶される。

【0036】次に、S124にて、所定の計測プログラムによりタッチセンサ30が装着された主軸8を工件Wの基準面(C位置)に向けてZ軸方向に相対前進させる。なお、工件Wの基準面とは、工件Wの加工の基準となる面であり、工件W毎に予め定められている。S125にて接触子31が工件Wの基準面に接触したことを検出する信号がタッチセンサ30から出力されたかを検出し、タッチセンサ30からの信号が出力されるまで主軸8の前進が続けられる。

【0037】タッチセンサ30から接触子31が工件Wの基準面に接触したことを示すON信号が出力されると、すなわち、S125の判断がYESとなるとS126に進み、その時の主軸8の現在位置を記憶する。上述したS123と同様にこの場合の現在位置はZ軸の現在位置であり、エンコーダ58により検出されるZ軸駆動モータ52の現在位置ZqがRAM43の所定の領域に記憶される。(図11参照)

【0038】そして、S127にて主軸8に装着された接触子31を脱出し、S128にて工件位置補正量(第1誤差)を演算する。工件位置補正量Zdは $Zd = Zq - Zp$ (ZqはZp)で演算される。ここで、Zcompは基準ブ

ロック26の先端面(R位置)に対する工件Wの基準面(C位置)の理論位置として、プログラミング時に予め定められている値である。この理論位置Zcompから基準ブロック26の先端面の実際の位置Zpに対する工件Wの基準面の実際の位置Zqを演算することにより、工件位置補正量Zdを得ることができ、

【0039】図11は上述の工件位置補正サイクルの動作を示しており、実際に記した主軸8およびタッチセンサ30は、上記S121で主軸8を前進させ、S122で接触子31の基準ブロック26への接触が検出された状態であり、破線で記した主軸8およびタッチセンサ30は、上記S124で主軸8を前進させ、S125で接触子31の工件Wの基準面への接触が検出された状態である。なお、図11において、14はバレット、15は工件Wをバレット14に固定する治具である。

【0040】図7は図4のS105でコールされる工具長補正サイクルを示すサブプログラムであり、まず、S130にて、予め定められた計測プログラムに従って、工具Tが装着された主軸8(S102にて工具が装着されている)をレーザ検出器20のレーザ光Lに向けてZ軸方向に相対移動させる。S131にて工具Tの先端がレーザ光Lを遮ったことを検出するオン信号がレーザ検出器20から出力されたかを検出し、レーザ検出器20からのオン信号が出力されるまで主軸8の前進が続けられる。

【0041】レーザ検出器20から工具Tの先端がレーザ光Lを遮ったことを示すオン信号が出力されると、すなわち、S131の判断がYESとなるとS132に進み、その時の主軸8の現在位置を記憶する。上述したS123と同様にこの場合の現在位置はZ軸の現在位置であり、エンコーダ58により検出されるZ軸駆動モータ52の現在位置ZlがRAM43の所定の領域に記憶される。

【0042】そして、S133で工具長補正量(第2誤差)を演算する。工具長補正量Zlは $Zl = Zol - Zl$ で演算される。ここで、Zolは工具T先端がレーザ光Lを遮るとき(A位置)のZ軸の理論位置である。この理論位置Zolから実際に工具Tがレーザ光Lを遮った時のZ軸の現在位置Zlを演算することにより、工具長補正量Zlを得ることができる。すなわち、ここでは工具長補正値と称しているが、実際にはA位置における工具T先端の位置に対する補正量であり、工具製造上の工具長のばらつきや工具摩耗のみならず、主軸8の熱変位や主軸8の遠心動揺による工具Tの引き込み等の影響をも含んだ誤差を補正するものである。

【0043】図12は上述の工具長補正サイクルの動作を示しており、上記S130により主軸8を前進させ、S131で工具Tの先端がレーザ光Lを遮ったことが検出された状態である。

【0044】図8および図9は、図4のS107でコー

ルされる工具径補正・振れ検出サイクルを示すサブプログラムであり、まず、S140にて、後述する工具Tの再装着回数を示すカウンタを0にする。次に、S141で、工具Tが装着された主軸8（S102にて工具が装着されている）をレーザ検出器20のレーザ光1に向けて移動させる。ここで、この場合の移動はY軸方向への移動であり、S141では上方からレーザ光に向けて主軸8を移動させる。S142にて工具Tの先端がレーザ光1を越えたことを検出するオン信号がレーザ検出器20から出力されたかを検出し、レーザ検出器20からのオン信号が出力されるまで主軸8の移動が続けられる。

【0045】レーザ検出器20から工具Tの先端がレーザ光1を越えたことを示すオン信号が出力されると、すなわち、S142の判断がYESとなるとS143に進み、その時の主軸8の現在位置を記憶する。この場合の現在位置はY軸の現在位置であり、エンコーダ57により検出されるY軸駆動モータ51の現在位置DaがRAM43の所定の領域に記憶される。

【0046】S144からS146では、上記S141からS143と同様な処理が行われるが、S144での主軸8の移動方向はレーザ光に向けて下方からであり、S146でY軸モータ51の現在位置DbがRAM43の所定の領域に記憶される。そして、S147にて、工具径補正量を演算する。工具径補正量DaはDa-Dd（Du-Dd-D1）で演算される。ここで、Daは理論上の工具径として予め定められている値であり、D1はレーザ光の光径である。この理論上の工具径Doから検出された実際の工具径（Du-Dd-D1）を減算することにより、工具径補正量Daを得ることができる。

【0047】図13は上述の工作物径補正サイクルの動作を示しており、加算で記した主軸8および工具Tは、上記S141により主軸8を移動させ、S142で工具Tがレーザ光1を越えたことが検出された状態であり、破線で記した主軸8および工具Tは、上記S144により主軸8を移動させ、S145で工具Tがレーザ光1を越えたことが検出された状態である。

【0048】図9に移ってS148では、S147にて演算された工具径補正量Daが予め設定された許容値以下であるかを判断する。この許容値は工具径のばらつきを考慮して決定されており、許容値以下であれば工具径のばらつきと判断し、許容値以上であれば、この工具径補正量Daは「工具径のばらつきのみならず工具下の振れを含んでいる」と判断するものである。S148の判断がYESの場合にはサブプログラムを終了し、NOの場合はS149に進んで、工具Tの再装着を行う。すなわち、工具TをATC13にて一旦取外し、再び装着し直すことにより、工具の装着ミスによる工具の振れを解消するものである。

【0049】S150ではS149における工具再装着

の回数を計測するカウンタを加算し、S151ではこのカウンタ値Nが予め設定された回数N0以下であるかを判断される。予め定められた回数以下である場合はS141に戻って処理を繰返し、予め定められた回数を越えてもなお工具径補正量Daが許容値内にならない場合は、工具Tあるいは主軸8の工具クランプ機構に異常があると判断し、S152に進んで警報を出力する等の異常処理を行う。なお、工具マガジン12に予備工具が格納されている場合は、S152の異常処理に代えて予備工具との交換を行うことにより処理を継続することが可能である。

【0050】図10は、図5のS113でコールされる面補正サイクルを示すサブプログラムであり、図5のS110で工具寿命と判断された工具T、すなわち先使用工具を主軸8に装着したままの状態で図7のS130と同様に、主軸8をレーザ光1に向けてZ軸方向に相対移動させ、S161にて工具Tの先端がレーザ光1を越えたことを検出するオン信号がレーザ検出器20から出力されたかを検出し、レーザ検出器20からのオン信号が出力されるまで主軸8の前進が続けられる。

【0051】レーザ検出器20から工具Tの先端がレーザ光1を越えたことを示すオン信号が出力されると、すなわち、S161の判断がYESとなるとS162に進み、その時の主軸8の現在位置を記憶する。上述したS123と同様にこの場合の現在位置はZ軸の現在位置であり、エンコーダ58により検出されるZ軸駆動モータ52の現在位置Z1'がRAM43の所定の領域に記憶される。

【0052】次にS163では工具摩耗量ZmをZm-Z1-Z1'にて演算する。すなわち、この先使用工具の加工で加える図7のS132で検出した工具先端の位置Z1'と、加工後であるS162で検出した工具先端の位置Z1'とから工具摩耗量Zmが求められる。続いてS164で主軸8の回転を停止し、S165で工具寿命となった先使用具とこれに代わる予備工具として工具マガジン12に貯蔵されている後使用工具とをATC13にて交換し、S166で主軸8の回転を起動する。

【0053】その後、S167からS169では上記S160からS162と同様に後使用工具の工具先端の位置を計測し、S169で後使用工具の先端がレーザ光1を越えたときのZ軸の現在位置Z1'がRAM43の所定の領域に記憶される。

【0054】そして、S170で後使用工具に対する工具長補正量Z1''を演算する。工具長補正量Z1''はZ1'-Zol'-Z1'-Z1'-Zmで演算される。ここで、Zol'は上述のZolと同様に後使用工具の先端がレーザ光1を越えたとき（A位置）のZ軸の理論位置であり、この理論位置Zol'から実際に工具Tがレーザ光1を越えた時のZ軸の位置Z1'を減算し、さらに、S163で演算された工具摩耗量Zmを減算することによ

って工具長補正量 $Z1'$ が求められる。詳述すると、上記の図7における工具長補正サイクルにて演算された工具長補正量の考え方は従えば、ここで工具長補正量 $Z1'$ は $Z1' = Z01' - Z11'$ で良い。しかし、先使用工具は工具長補正量を求めるための計測を行ったときに對して摩耗しているので、先行工具の交換直前に加していた面は理論値に對して工具摩耗量が計測り残しを生じている。したがって、この値で工具長補正を行って加工を継続すると、先使用工具にて加工された面と後使用工具で加工された面との間に段差を生じるのである。よって、この段差を解消すべく、後使用工具の工具長補正量に先使用工具の工具摩耗量を加味させるのである。

【0055】なお、図10では説明上S163にて工具摩耗量 Zm を演算しているが、S170でのZ軸補正量の演算では、 $Z1' = Z01' - Z11 + Z1' - Z11'$ にて演算することができる。すなわち、先使用工具の加工前の計測時(S130からS132)のZ軸の現在位置、加工後の計測時(S160からS162)のZ軸の現在位置および後使用工具の計測時(S167からS169)のZ軸の現在位置に基づいて演算することができるので、摩耗量 Zm は必ずしも演算する必要はない。Z軸補正量についての上記の演算式では、先使用工具の加工後誤差及び後使用工具の加工前誤差を直接算出していないが、先使用工具の加工前誤差及び加工後誤差と後使用工具の加工前誤差に基づいてZ軸補正量を算出しても上記の演算式と同じ結果となり、これら2つの演算方法は実質的に同一である。

【0056】そして、このようにして得られた工具長補正量 $Z1'$ に基づいて、S171にて、先の図4のS108での誤差補正と同様に工具長補正量 $Z1'$ により補正が行われる。すなわち、S108で工作物位置補正量 Zd と工具長補正量 $Z1'$ との加算値でZ軸の指令値を補正していたものを、S171で工作物位置補正量 Zd と工具長補正量 $Z1'$ との加算値で補正するように更新する。

【0057】なお、上述の実施形態において、基準ブロック2には必ずしもレーザ検出器20に固定されている必要はない。すなわち、図14に示すように、ワークテーブル11に固定することもできる。この場合、図4のS108で工作物位置補正量 Zd と工具長補正量 $Z1'$ との加算値でZ軸の指令値を補正したのに代えて、工作物位置補正量 Zd 、工具長補正量 $Z1'$ 、A位置とB位置との間の距離 Zab の加算値でZ軸の指令値を補正する必要がある。ただし、基準ブロック26とレーザ検出器20との間での熱変位を排除するために、あるいは熱変位が生じて加工精度に影響を及ぼさない程度の少量となるようにレーザ検出器20の近傍のワークテーブル11に設けることが好ましい。

【0058】また、レーザ検出器20はワークテーブル

11に設けられていさすれば、その位置は特に限定されないが、工作物の加工の妨げにならない位置に配置する必要がある。図15に示すように、ブラケット24をワークテーブル11の側面に固定し、旋回シリンダ25により計測時と加工時とでレーザ検出器20をリトラクト可能に取り付けることができる。

【0059】さらに、タッチセンサ30は主軸8に装着する形式のもので説明したが、主軸8の工具装着穴の近傍に固定され、タッチセンサの使用時と加工時とのでリトラクトする形式のタッチセンサを用いることも可能である。工作機械としても、上述の実施形態におけるマシニングセンタ1のみならず、他の構成のマシニングセンタ、例えば、主軸8側がZ軸方向に移動する形式等、種々の工作機械に適用できる。なお、主軸8側がZ軸方向に移動するクイルタイプの工作機械の場合、このクイルが主軸サポートに相当し、また上記説明における現在位置は請求項における実際位置に対応する。

【0060】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項1の発明によれば、第1の検出器を使用し、先使用工具による加工動作の前後においてこの先使用工具の先端位置に関する理論位置と実際位置との差である加工前誤差及び加工後誤差をそれぞれ求め、先使用工具に代えて後使用工具を主軸に装着した後に後使用工具の先端位置に関する理論位置と実際位置との差である加工前誤差を求め、後使用工具の先端を前使用工具による加工最終部に位置決めする際、目標位置を先使用工具の加工前誤差及び加工後誤差と後使用工具の加工前誤差とに基づいて補正するようにしたので、工作物の前記加工最終部を加工した時にあった先使用工具の刃先位置に後使用工具の刃先位置を正確に整合させることができ、先使用工具による加工途中から後使用工具を使用して加工動作を継続する場合でも両工具による加工部の接続部に段が生じることを排除できる効果が奏せられる。

【0061】請求項2の発明によれば、接触式の第2検出器を使用し、先使用工具による加工動作に先立って、接触子を有する接触式の第2検出器を前記主軸と共に前記御制御に沿って前記ワークテーブルに對し相対的に移動し、第1検出器が工具刃先を検出してオンとなる基準のA位置と同一又はこのA位置と所定の関係位置にあるB位置から観た工作物位置についての理論位置と実際位置との差である工作物位置誤差を求めて、後使用工具の先端を前使用工具による加工最終部に位置決めする際、目標位置をこの工作物位置誤差によりさらに補正するようにしたので、ワークテーブルに対する工作物の取り付け誤差が起因する両工具の刃先位置の不整合をさらに排除し、後使用工具の刃先を先使用工具の摩耗した刃先により切削された工作物の加工最終部に一貫正確に整合させることができる。

【0062】請求項3の発明によれば、請求項2の発明

において工作物位置についての理論位置と実際位置との差である前記工作物位置誤差を求める際に第1検出器が工具先を検出してオンとなる基準のA位置と同一又はこのA位置と所定の関係位置にあるB位置から観た誤差として求める代わりに、前記A位置から観た工作物位置の予め設定された理論位置と実際位置との誤差として工作物位置誤差を求めるようにしたので、請求項2の発明が奏する効果に加えて、請求項2の発明で設定を必要としていた前記B位置を不要にでき、このB位置を設定する際に巻き込まれる誤差を排除できるといった付加的な効果が奏せられる。

【0063】請求項4の発明によれば、請求項1乃至請求項3の各発明において、第1検出器を非接触式のものとし、主軸と共に工具を回転させた状態で工具の先端を第1検出器がオンとなる位置に位置決めすることにより、工具寸法で誤差を求めるようにしたので、この工具寸法誤差は加工動作中の工具の工具先端の振れを含む実効寸法に基づいた誤差として検出でき、この工具の実効寸法に基づいて過り量の補正を行って工作物の加工精度を一層向上させる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係るマシニングセンタの全体図である。

【図2】本発明の実施の形態に係るレーザ検出器の平面図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る数値制御装置のブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態に係るフローチャートの一部である。

【図5】本発明の実施の形態に係るフローチャートの一部である。

【図6】図4および図5のフローチャートにおける工作物位置補正サイクルのサブプログラムのフローチャートである。

【図7】図4および図5のフローチャートにおける工具長補正サイクルのサブプログラムのフローチャートである。

【図8】図4および図5のフローチャートにおける工具径補正・振れ検出サイクルのサブプログラムのフローチャートの一部である。

【図9】図4および図5のフローチャートにおける工具径補正・振れ検出サイクルのサブプログラムのフローチャートの一部である。

【図10】図4および図5のフローチャートにおける面補償サイクルのサブプログラムのフローチャートである。

【図11】図6のフローチャートにおける工作物位置補正サイクルの動作を示す平面図である。

【図12】図7のフローチャートにおける工具長補正サイクルの動作を示す平面図である。

【図13】図8および図9のフローチャートにおける工具径補正・振れ検出サイクルの動作を示す図である。

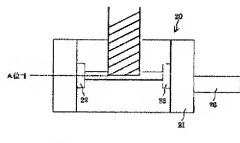
【図14】基準ブロックの他の取り付け位置を示す平面図である。

【図15】レーザ検出器の取り付け状態を示す側面図である。

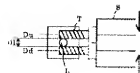
【符号の説明】

W・・・工作物、 11・・・ワークテーブル、 T・・・工具、 8・・・主軸、 9・・・主軸頭（主軸サポート）、 40・・・数値制御装置、 20・・・レーザ検出器（第1検出器）、 31・・・接触子、 ・・・タッチセンサ（第2検出器）

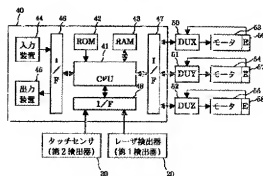
【図2】



【図3】



【図3】



(点 2) 01-105278 (P2001-105278A)

フロントページの続き

(72)発明者 太田 浩光
愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工
機株式会社内

(72)発明者 大西 圭洋
愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工
機株式会社内
Fターム(参考) 3C001 KA02 TA02 TB02
3C029 AA15 AA40